

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУРНО- КОНСТРУКТИВНИХ МОДУЛІВ ПЕРШОГО ТА ДРУГОГО РІВНЯ

Нікітчук А. В., асистент; Уваров Б. М., д.т.н. професор

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Структурно-конструктивні модулі (СКМ) є основною складовою електронної апаратури. Вже на етапі проектування апарату необхідно приймати такі технічні рішення, які дадуть змогу досягнути найвищих показників його надійності в умовах експлуатації. Сучасний рівень обчислювальних засобів (персональних комп'ютерів – ПК) дозволяє підтверджувати правильність таких рішень за допомогою імітаційного моделювання, виявити можливі проблеми, уникнути найбільш значущих недоліків конструкції. Але для цього необхідно створювати об'єктно-орієнтовані програмні продукти – системи автоматизованого проектування (САПР), що дають можливість одержати кількісні показники функціональних характеристик проектного апарату на етапі проектування.

Для підвищення якості моделювання необхідно враховувати велику кількість різноманітних факторів у відповідних математичних моделях, тобто вдосконалення таких моделей є пріоритетним напрямом. Оскільки, у склад електронного апарату зазвичай входить велика кількість елементів електронної структури, то врахування різноманітних параметрів, констант моделей та функціональних показників кожного з них є дуже складною задачею. Створювані програмні модулі САПР повинні давати можливість виконувати велику кількість складних математичних операцій з мінімальною витратою часу.

Головна вимога до методів проектування електронних апаратів – створити такі математичні моделі їх СКМ, які забезпечать оптимальність їх функціональних характеристик в умовах експлуатації. Надійність елементів електронної структури (ЕЕС) електронного апарату прямо пов'язана з їх температурами, тому й необхідно створювати методи оптимізації теплових режимів СКМ [1].

Тепловий режим в блоці можна оптимізувати, раціонально розташовуючи чарунки відносно одна одної. Тепловиділення в чарунках неоднакові, а залежать від теплової потужності встановлених на них ЕЕС. Тому можливо так розмістити чарунки, щоб температури ЕЕС в них були оптимальними.

Число неповторюваних варіантів P_k розміщення k чарунок в блоці дорівнює числу перестановок: $P_k = k!$, тому навіть для невеликого числа чарунок кількість варіантів їх розміщення досить велика (для п'яти чарунок $P_k = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 = 120$).

Теплота від всіх чарунок, кінець-кінцем відводиться до стінок корпусу, а потім віддається до оточуючого середовища. Для чарунки, що знаходиться

між іншими, схема теплових потоків враховує радіаційний теплообмін із сусідніми чарунками, радіаційний теплообмін чарунки із стінками корпусу, конвективний теплообмін чарунки із внутрішнім повітрям у корпусі, конвективний теплообмін внутрішнього повітря зі стінками корпусу. Температура стінок корпусу звичайно нижча, ніж температура будь-якої чарунки, тому умови охолодження двох крайніх чарунок кращі, ніж умови тих, що знаходяться між сусідніми.

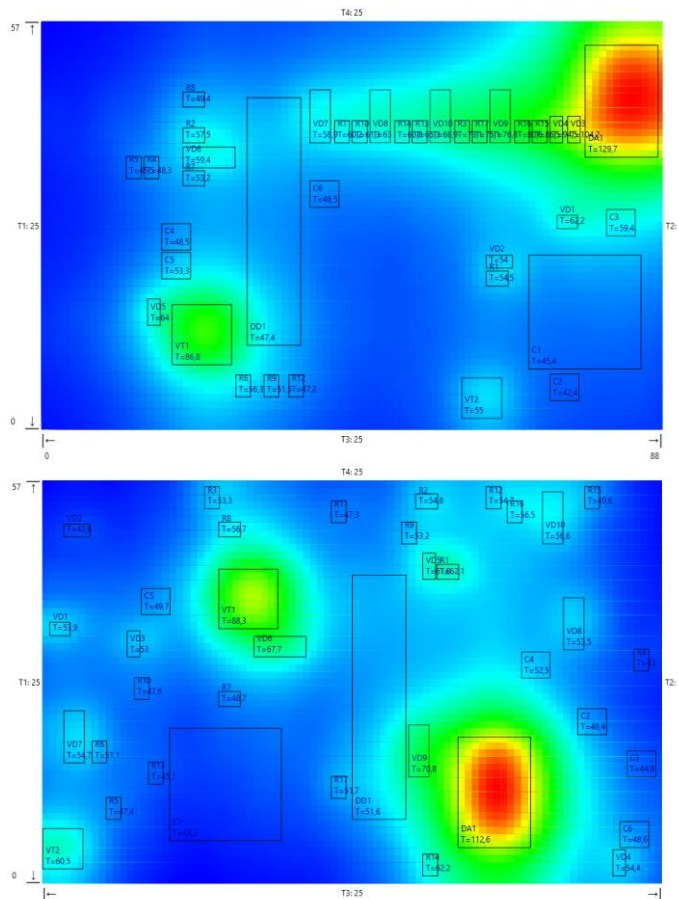


Рисунок 1. Зміна температурного поля чарунки в результаті оптимізації

мовної роботи чарунки, максимальна температура у чарунці, середня температура. Приклад зміни температурного поля у чарунці в результаті оптимізації наведений на рисунку 1, а показники цільових функцій для даного прикладу наведені у таблиці 1, де P – імовірність безвідмовної роботи, $T_{\text{сер}}$ – середня температура, $T_{\text{макс}}$ – максимальна температура, Π – покращення.

На кожному кроці оптимізації генеруються параметри x_i та y_i (координати ЕЕС) і обчислюється цільова функція. У процесі обчислення координат виконуються умовні обмеження – виключаються можливості перекриття контактних площинок ЕЕС одна іншою.

Створений програмний продукт генерує варіанти розташування чарунок і їх координати в корпусі після чого послідовно для кожного варіанту проводяться розрахунки показників надійності, та з отриманого масиву даних обирається максимально надійний варіант.

Додаткові можливості підвищення показників надійності чарунок у блоках можуть бути одержані завдяки топологічній оптимізації описаній у [2] – такому розміщенню ЕЕС на основі чарунки чи мікробірки, яке забезпечує їх оптимальні температури й максимальну надійність.

У створеному програмному продукті проводити параметричну оптимізацію можливо за декількома цільовими функціями: імовірність безвід-

Таблиця 1

	До	Після	Π , %
P	0,424	0,458	8,02
$T_{\text{сер}}$, °C	63,5	55,5	12,60
$T_{\text{макс}}$, °C	129,7	112,6	13,18

Перелік елементів на платах							
№	PCB	Вид	Тип	λ_b	Kr	T, °C	P
R6	1	Резистори	C1-4	5.3E-08	0.51	56.3	0.977
C1	1	Конденсатори	K50-38	1.8E-07	0.39	45.4	0.973
DA1	1	Інтегральні мікросхеми	100-500 елементів	3.3E-08	15.61	129.7	0.96
VD7	1	Напівпровідникові прилади	2C102A	4E-09	0.63	58.9	0.986
R11	1	Резистори	C1-4	5.3E-08	0.53	60.2	0.977

Рисунок 2. Вікно з параметрами ЕЕС

В результаті вибирається комплект параметрів при яких значення обраної цільової функції оптимальне. Під час проектування основні результати розрахунків виводяться у вікні, наведе-

неному на рис. 2, а саме: номінальні (базові) інтенсивності відмов λ_b , коефіцієнти режиму, температури геометричних центрів та імовірності безвідмовної роботи для кожного з ЕЕС. Детальні результати розрахунків та всі параметри ЕЕС можна переглянути в відповідних вікнах програми. Створений програмний продукт проводить розрахунки в реальному часі, тобто є можливість вибору положення ЕЕС в залежності від конструктивних особливостей проектуваного приладу.

Перелік посилань

1. Нікітчук А. В. Визначення показників надійності радіоелектронних апаратів, що обумовлюються тепловими режимами / А.В. Нікітчук, Б.М. Уваров // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2014. — № 57. — С. 92—103.

2. Nikitchuk A. V. Optimization of Arrangement Heat-Producing Functional Units and Radio Elements on the Printed Circuit Board / A. V. Nikitchuk, B. M. Uvarov // Electronics and control systems. — 2016. — № 1. — С. 54—59.

Анотація

Розглянуто проблему досягнення максимальної надійності елементів електронної структури (ЕЕС) чарунок і всього радіоелектронного блоку при дії теплових дестабілізуючих факторів. Розроблені та описані програмні модулі для оптимального розміщення чарунок в блоці і ЕЕС в чарунках.

Ключові слова: радіоелектронний блок, чарунка, елементи електронної структури, температура, програмне забезпечення, показники надійності.

Аннотация

Рассмотрена проблема достижения максимальной надежности элементов электронной структуры (ЭЭС) ячеек и всего радиоэлектронного блока при действии тепловых дестабилизирующих факторов. Разработаны и описаны программные модули для оптимального размещения ячеек в блоке и ЭЭС.

Ключевые слова: радиоэлектронный блок, ячейка, элементы электронной структуры, температура, программное обеспечение, показатели надежности.

Abstract

Considered the problem maximize the reliability of electronic structure elements (ESE) of unit cells and the entire electronic unit under the action of thermal destabilizing factors. Developed and described software modules for optimal placement of cells in the block and ESE in the unit cells to ensure getting minimum temperatures and maximum reliability.

Keywords: electronics, the unit cell, micro assemblies, electronic structure elements, thermal model, software, reliability.